



УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ОАО «Авангард»

Евсеев И.И.

«06» 03 2023 г.

06.03.23 № 4-265



ОТЗЫВ

ведущей организации ОАО «Авангард» на диссертационную работу Ваганова Михаила Александровича «Контроль процессов горения газообразных углеводородов методами оптической спектроскопии», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.8 – Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды (технические науки)

1. Актуальность темы диссертационной работы

Энергия является одним из главных факторов мировой экономики, так как формирует среду глобального обитания, где все потребности являются взаимозависимыми. Для поддержания экономического роста требуется непрерывное, нарастающее производство энергии с учетом экологических требований по безопасности.

В настоящее время одной из актуальных и неразрешенных проблем в энергетическом секторе, как в России, так и в других странах, является проблема повышения эффективности оптимизации процесса сжигания природного газа с целью увеличения коэффициента использования топлива

и снижения негативной нагрузки на окружающую среду. Результативное решение данной проблемы достигается не только сжиганием топлива на современном оборудовании с высоким коэффициентом полезного действия, но и постоянным совершенствованием контрольно-измерительного оборудования, способного с высокой точностью и достоверностью в режиме реального времени контролировать и управлять процессом горения.

В диссертации Ваганова М.А. предлагается решение проблемы оптимизации процесса горения газообразного углеводородного топлива, за счет обеспечения полноты его сгорания, путем разработки и внедрения спектроскопического метода контроля. Предложенный метод характеризуется высокой достоверностью по отношению к существующим методам и позволяет создавать и внедрять системы контроля процессов горения газообразных углеводородов с улучшенными техническими и эксплуатационными характеристиками.

В связи с вышеизложенным тема диссертационной работы Ваганова М.А. является весьма актуальной и перспективной.

2. Структура работы. Новизна исследований и полученных результатов

Диссертационная работа Ваганова М.А. состоит из введения, пяти глав, заключения, списка используемой литературы и семи приложений. Диссертация представлена на 324 страницах текста, проиллюстрирована 99 рисунками и содержит 15 таблиц. Список использованной литературы состоит из 202 наименований, приложения представлены на 14 страницах. Структура диссертационной работы логична и полностью раскрывает содержание.

В первой главе «Контроль процессов горения в теплоэнергетике, методы и технические средства» представлены результаты аналитического обзора задач, методов и технических средств контроля процессов горения в энергетике. По результатам проведенного обзора сформулировано

противоречие между требованиями к снижению негативного воздействия теплоэнергетических объектов на окружающую среду, в первую очередь за счет оптимизации режимов горения, и несовершенством существующих методов и средств контроля процессов горения газообразных углеводородов, обусловленным недостаточной достоверностью проводимого контроля, что позволило сформулировать научную проблему, цель работы и основные задачи диссертации.

Во второй главе «Модель анализируемого сигнала и его вероятностные характеристики» приводится первый научный результат, выносимый на защиту, а именно – дается новое математическое описание спектрального прибора как информационной измерительной системы и приводятся результаты разработки новых математических моделей дифракционного прибора и многоканального спектрометра. Полученные результаты позволяют выполнить последовательный анализ прохождения сигнала через все функциональные узлы прибора, учесть влияние его конструктивных особенностей и внешних условий на результат спектрального анализа. Разработанное математическое описание может быть применено при теоретическом исследовании новых типов спектральных приборов и разработке спектральных приборов контроля.

В третьей главе «Спектроскопический метод контроля процессов горения» представлены результаты разработки универсального спектроскопического метода контроля, который является вторым научным результатом, выносимым на защиту. Научная новизна разработанного метода состоит в том, что он основан на регистрации, анализе и сопоставлении множества спектроскопических параметров, полученных как при отдельном, так и при комбинированном применении различных методов оптической спектроскопии. Метод позволяет существенно повысить достоверность проводимого контроля за счет того, что решение о состоянии процесса горения принимается на основе измерения первичного параметра – спектральной характеристики излучения,

испускаемого непосредственно очагом горения. Отличительной особенностью данного метода является то, что он описывает процедуру контроля, технические средства и спектроскопические параметры в рамках единого математического аппарата. Это позволяет при проектировании спектроскопических систем контроля, исходя из заданных допустимых вероятностей ошибок контроля, для обеспечения заданной достоверности контроля сформировать требования к минимально необходимым характеристикам используемых приборов. Разработанный метод позволяет создавать и внедрять системы контроля процессов горения газообразных углеводородов с улучшенными техническими и эксплуатационными характеристиками и может быть применен при построении системы автоматического контроля на теплоэнергетических объектах.

Четвертая глава «Техническая реализация приборов контроля в форме оптических спектральных приборов» посвящена технической реализации приборов контроля на базе разработанных оптических спектрометров с применением волоконно-оптической системы передачи сигналов, что представляет собой третий научный результат, выносимый на защиту. Новизна предлагаемых технических решений подтверждается полученными автором патентами. Принцип технической реализации многоканального оптического спектрометра впервые был изложен в патентах на полезную модель РФ № 86734 и № 100241, описание спектрально-селективного элемента, позволяющего повысить его разрешающую способность в патенте на полезную модель РФ № 188637. Применение в многоканальном спектрометре жгута волокон повышает его чувствительность более чем на 15% без ухудшения его разрешающей способности относительно спектрометров других типов. Повышение разрешающей способности более чем на 20% в дифракционном приборе достигается за счет использования дифракционной решетки, способной перераспределять интенсивность дифрагированного света в высшие порядки за счет особой топологии. На программу для расчета топологии

решетки получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Применение данных технических решений при проектировании спектральных приборов для измерительных устройств в системах контроля, позволяет создавать более совершенные системы, обладающие высокими техническими и эксплуатационными характеристиками.

В пятой главе «Спектроскопические параметры, характеризующие горение газообразных углеводородов, и методика подготовки и проведения спектроскопического контроля» приводятся новые результаты экспериментальных исследований спектроскопических параметров, характеризующих процесс горения газообразных углеводородов, что составляет четвертый научный результат, выносимый на защиту, и результаты разработки и экспериментальной отработки новой методики подготовки и проведения спектроскопического контроля, что является пятым научным результатом, выносимым на защиту. На основе установленной зависимости спектроскопических параметров в спектре излучения пламени газообразных углеводородов может быть организована процедура контроля методами эмиссионной спектроскопии или лазерно-искровой спектрометрии любых объектов, в технологических процессах которых применяется сжигание газообразных углеводородов, в том числе природного газа. Разработана методика подготовки и проведения спектроскопического контроля процессов горения, которая позволяет проводить контроль с требуемой достоверностью при применении технических средств с минимально необходимыми характеристиками. Методика позволяет повысить КПД теплоэнергетической установки и снизить его негативное воздействие на окружающую среду.

3. Обоснованность и достоверность основных результатов диссертации

Научные результаты и положения, вынесенные на защиту, имеют высокую степень обоснованности. Используемые допущения и ограничения

аргументировано обоснованы. Математический аппарат использован корректно и соответствует сложности решаемых задач.

Достоверность основных научных результатов подтверждается:

- адекватной постановкой задачи;
- непротиворечивостью результатов практической проверки положений диссертационного исследования и теоретических положений;
- публикациями автора в ведущих отечественных и зарубежных изданиях, патентами РФ и результатами их обсуждения на всероссийских и международных конференциях;
- актами внедрения основных результатов диссертации.

4. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Значимость для науки теоретических результатов диссертации обусловлена разработкой нового математического описания спектрального прибора контроля и разработкой математического описания процедуры контроля, технических средств и спектроскопических параметров, характеризующих контролируемый процесс горения, применение которых позволяет создавать более совершенные спектроскопические системы контроля процессов горения газообразных углеводородов с улучшенными техническими и эксплуатационными характеристиками.

Практическое значение результатов работы заключается в том, что применение разработанного автором спектроскопического метода контроля, разработанных спектральных приборов контроля, а также использование установленных новых зависимостей спектроскопических параметров от режимов горения и разработанной методики позволяют выполнять контроль процессов горения газообразных углеводородов с большей достоверностью по сравнению с существующими методами и техническими средствами контроля, что, в конечном итоге, приводит к снижению расходов топлива до 3%, и как следствие снижению

негативного воздействия теплоэнергетических установок на окружающую среду.

Результаты работы внедрены и использованы в ООО «СЕВЗАП-ТЕХНИКА», АО «КНАУФ ПЕТРОБОРД», ООО «Теплоэнергосервис ДКМ», ООО «ПГ «Фосфорит», АО «НИИ ТМ», а также в образовательный процесс ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения».

5. Публикации и апробации по теме диссертации

Основные результаты диссертационной работы достаточно полно опубликованы в 64 печатных работах, из них: 1 монография, 15 статей в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 29 статей – в изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования, 8 статей в сборниках докладов конференций и 7 отчетов о выполнении НИР. По теме диссертационного исследования получено 3 патента на полезную модель РФ и 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Результаты диссертационной работы прошли достаточную апробацию на 16 международных и 2 всероссийских научных конференциях.

6. Оформление диссертации и автореферата

Диссертационная работа и автореферат оформлены в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0. 11–2011, включает достаточное количество графического материала, обеспечивающего доступность восприятия полученных результатов. Язык и стиль диссертации соответствует устоявшейся научно-технической терминологии и научному стилю изложения.

7. Рекомендации по использованию полученных результатов

Результаты работы рекомендуются к практическому использованию во всех отраслях промышленности, где возникает необходимость контроля объектов, в технологических процессах которых применяется сжигание газообразных углеводородов, в том числе природного газа. В качестве конкретных предприятий указываются ПАО «Энел Россия», ПАО «Интер РАО», ООО «Газпром энергохолдинг», нефтеперерабатывающие предприятия АО «Газпромнефть-ОНПЗ» или ООО ПО «Кириши-нефтеоргсинтез», компании производители удобрений ПАО «ФосАгро» Группа «МХК «Еврохим», ПАО «Уралкалий» и др.

Разработанный универсальный спектроскопический метод, основанный на регистрации, анализе и сопоставлении множества спектроскопических параметров позволит создать и внедрить системы автоматического контроля процессов горения газообразных углеводородов с улучшенными техническими и эксплуатационными характеристиками на теплоэнергетических объектах.

Результаты диссертации следует применить также на предприятиях наукоемкого приборостроения, на которых разрабатываются и создаются как спектральные приборы, так и системы контроля процессов горения, в частности работа которых основана на методах оптической спектроскопии. К таким предприятиям можно отнести группу компаний Холдинг «Швабе», ФГБУН «Институт Спектроскопии РАН», группу компаний «ИСКРОЛАЙН», ООО «ОКБ Спектр», НПО «Спектрон», АО «НПО «ПРИБОР» и др.

8. Недостатки и замечания по диссертации и автореферату

1) При проведении экспериментального исследования процесса горения в печи обжига с помощью метода эмиссионной оптической спектроскопии применялся серийный спектрометр, следовало бы выполнить практическую апробацию на промышленном объекте

разработанных соискателем спектральных оптических приборов. Следовало также указать иные возможности и границы использования этих приборов в научных экспериментах и практической деятельности.

2) В диссертации не отражено, как осуществляется защита от высокой температуры исследуемого пламя оптических элементов, используемых на входе в приборы контроля, Судя по приведенной на рисунке 5.24 фотографии, это достигается за счет размещения оптических элементов на большом расстоянии от пламени, но тогда следовало бы пояснить, как это влияет на чувствительность прибора контроля.

3) В диссертации следовало бы выдать рекомендации по практическому применению предлагаемых технологий контроля процессов горения газообразных углеводородов:

- привести экономическое обоснование усложнения системы контроля, в частности, расчета количества каналов в многоканальном оптическом спектрометре при конкретном внедрении технологии контроля;

- указать на полноту обеспечения технологии отечественными приборам и подтвердить наличие соответствующей отечественной оптической и электронно-компонентной базы;

- обозначить перспективность применения разработанных соискателем технических решений для прочих видов органического топлива;

4) В разделах «Заключение» диссертации (п.п. 5, с. 284-285) и автореферата (раздел III, с. 33-34), а затем, в выводе о решении основной проблемы, поставленной в диссертации, говорится об оптимизации горения газообразного углеводородного топлива. В самой диссертации задача оптимизации никак не решалась: не выбиралась ни целевая функция, ни метод решения задачи оптимизации и т.д. Утверждения о достигнутой оптимизации в диссертации должны быть опущены и можно говорить только о конкретном улучшении показателей сгорания топлива.

Тем не менее, указанные замечания носят уточняющий характер, могут быть устранены на защите диссертации, и не снижают научной и практической значимости полученных соискателем результатов

9. Выводы

В диссертации решена актуальная научно-техническая проблема контроля процессов горения газообразного углеводородного топлива путем разработки, приборного обеспечения и внедрения спектроскопического метода контроля, характеризующегося высокой достоверностью по отношению к существующим методам.

Диссертация Ваганова М.А. на тему «Контроль процессов горения газообразных углеводородов методами оптической спектроскопии» выполненная на высоком научном уровне, является завершенной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны.

Диссертация Ваганова Михаила Александровича является завершенной научно-квалификационной работой. Совокупность научных результатов диссертации с учетом их внедрения могут быть квалифицированы как решение важной научной-технической проблемы процесса горения газообразного углеводородного топлива, в том числе за счет обеспечения полноты его сгорания, путем разработки и внедрения спектроскопического метода контроля, характеризующегося высокой достоверностью по отношению к существующим методам и позволяющего создавать и внедрять системы контроля процессов горения газообразных углеводородов с улучшенными техническими и эксплуатационными характеристиками, имеющей важное народно-хозяйственное значение.

Диссертационная работа соответствует критериям п.п. 9-11, 13 и 14 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК РФ от 24.09.2013 года № 842, а ее автор, Ваганов Михаил Александрович, заслуживает

присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.8 Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды (технические науки).

Доклад Ваганова М.А. по его диссертационной работе был заслушан и обсуждён на заседании научно-технического совета НТС ОАО «Авангард» от 30 января 2023 г. Протокол № 325, по итогам которого был составлен и одобрен настоящий Отзыв.

Заместитель председателя НТС -
доктор физико-математических наук
профессор



В.Д. Лукьянов

Секретарь НТС
кандидат технических наук, доцент



Н.Е. Манвелова

30.01.2023г.